

**IV-867 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO DO INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS (ICMM) E POSSÍVEIS IMPACTOS AO SETOR DE MINERAÇÃO NO BRASIL.**

**Victoria Becher Faustini <sup>(1)\*</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Analista de Dados Ambientais na Water Services and Technologies.

**Vinicius Araujo <sup>(1)</sup>**

Geólogo pela Universidade Estadual de Campinas, com mestrado em Geociências pela mesma universidade. Analista de Balanço Hídrico Operacional na Water Services and Technologies.

**Nilson Guiguer Jr. <sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, com mestrado em Hidráulica e Hidrologia pela Universidade de São Paulo e doutorado em Hidrogeologia pela Universidade de Waterloo. Diretor Presidente e Hidrogeólogo Master na Water Services and Technologies.

**Ana Carolina Santoro <sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá, com especialização em Gestão Estratégica de Negócios pela FGV Strong e Gerenciamento de Projetos pela FIA. Especialista em Gerenciamento de Dados e Gerente de Projetos na Water Services and Technologies.

**David Veiga Soares <sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela PUC Minas, com especialização em Gerenciamento de Projetos pela FGV. Analista Meio Ambiente Especialista (Recursos Hídricos) pela Vale.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Luiz Boiteux Piazza, 1302 - 3º andar sala 19 - Cachoeira do Bom Jesus, Florianópolis - SC, 88056-000 - Tel: (48) 3365-4374

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Avenida Dr. Marco Paulo Simon Jardim nº 3580, Prédio 4, 3º andar, Águas Claras Bairro Piemonte 34006-200 - Nova Lima, MG – Brasil Tel. (31) 3916 3331

\* Correspondente Autor: [victoria.becher@waterservicestech.com](mailto:victoria.becher@waterservicestech.com), Telefone: (48) 99919-9002.

## RESUMO

As atividades de mineração impactam de maneira significativa o uso da água, tornando o gerenciamento hídrico um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável da indústria e sua comunicação com a sociedade no geral. Dito isso, o International Council on Mining and Metals (ICMM) publicou, em 2021, um guia de abrangência global com compromissos mínimos de reporte de métricas relacionadas à interação com a água na mineração, conceituando, de forma detalhada, o cálculo do balanço hídrico operacional na mineração. O objetivo do trabalho foi aplicar a metodologia de cálculo e reporte do balanço hídrico na mineração proposta pelo ICMM no contexto brasileiro a partir do fluxograma de uma operação hipotética e indicar de que maneira os conceitos podem ser adaptados para refletir a realidade da mineração no Brasil. Verificou-se que tal metodologia apresenta pressuposições que podem impactar os indicadores finais considerando diferentes regiões e suas variações operacionais e climáticas. A classificação da barragem de rejeitos como atividade com uso de água operacional, independentemente da forma como a água é recebida, pode distorcer os resultados e inviabilizar o benchmarking entre operações. Propõe-se uma abordagem alternativa que não considera a barragem de rejeitos como atividade operacional que requer água para operar, e sim como estrutura mista de armazenamento e tratamento de água, contabilizando apenas o uso efetivo de água nos processos operacionais, o que resulta em indicadores mais fidedignos. Recomenda-se, ainda, aprofundar as discussões sobre as premissas estabelecidas pelo Conselho Internacional de Mineração e Metais e criar um guia específico para o Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço Hídrico, Gestão Hídrica, Mineração, International Council on Mining and Metals.

## INTRODUÇÃO

O balanço hídrico é uma ferramenta fundamental na gestão da água operacional de uma unidade de mineração, utilizado para otimizar o processo produtivo, gerenciar riscos e fundamentar decisões, compreender as demandas hídricas atuais e futuras, dimensionar unidades de tratamento ou armazenamento e estimar os possíveis impactos ambientais em potencial.

Além disso, deve-se destacar o papel chave que o balanço hídrico possui nos relatórios de sustentabilidade. Segundo Barbosa (2021), tais relatórios são essenciais para manutenção da permanência competitiva no mercado, ganho de relevância e credibilidade, frente às novas demandas apresentadas pelo mercado consumidor, preocupado com questões sociais e ambientais.

A concepção do balanço hídrico de uma unidade operacional é um processo complexo, que requer dados variados e consistentes, além de uma abordagem de conceitos e cálculos compatíveis com a complexidade operacional, a dinâmica hídrica e o perfil de risco de um site (ICMM, 2021). Neste contexto, podemos citar como guia de reporte do balanço hídrico o trabalho publicado pelo International Council on Mining and Metals em 2021, intitulado: Water Reporting: Good Practice Guide, 2nd Edition.

De forma geral, o guia supracitado traz compromissos mínimos de reporte de métricas relacionadas à interação com a água na mineração, conceituando de forma detalhada o cálculo do balanço hídrico operacional na mineração, além de trazer um extenso número de exemplos e aplicações.

Diversas companhias, no âmbito global, utilizam como referência as diretrizes publicadas pelo ICMM como forma de balizar políticas internas de gestão, além de referenciar e validar as informações disponibilizadas em seus relatórios de sustentabilidade.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a metodologia de cálculo do ICMM em uma operação mineral hipotética localizada no Brasil e verificar se os conceitos e premissas estabelecidos são adequados a realidade da mineração no Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada no presente trabalho foi baseada no guia “Water Reporting: Good Practice Guide” proposto pelo International Council on Mining and Metals (ICMM, 2021). Trata-se de um guia contendo diretrizes para divulgação pelo setor da mineração sobre as informações mínimas e principais necessárias para o cálculo do balanço hídrico em uma operação da mineração.

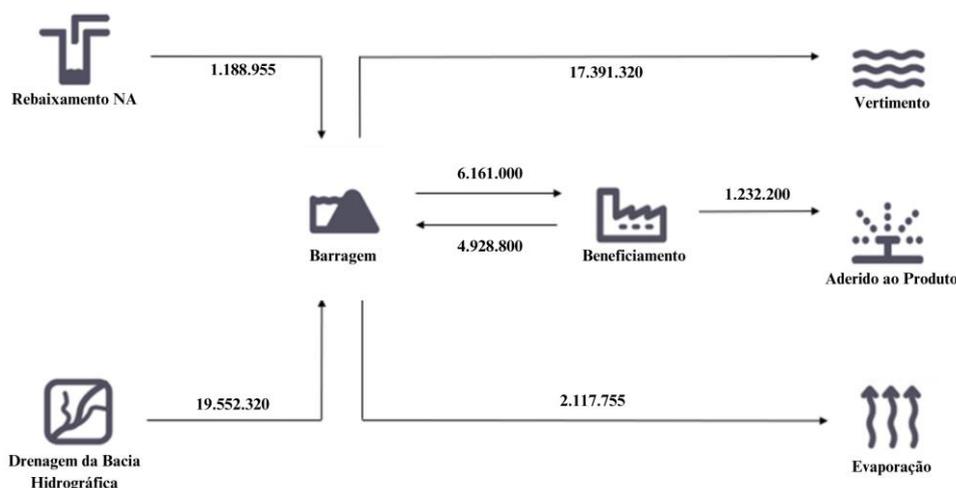
Conforme o guia mencionado, há cinco principais métricas a serem divulgadas, sendo elas: retirada de água operacional, retirada de outras águas gerenciadas, disponibilização total, consumo total e reutilização/recirculação. A Tabela 1 define as principais métricas mínimas de divulgação supracitadas.

**Tabela 1: Definições de métricas conforme o guia do ICMM. Adaptado de: ICMM (2021).**

Métrica	Definição
Retirada de Água Operacional	Volume de água que entra no sistema operacional para atender a demanda da operação.
Retirada de Outras Águas Gerenciadas	Volume de água que é ativamente gerenciada, porém não atende uma demanda da operação.
Descarga Total	Volume de água que retorna ao meio ambiente, sendo operacional ou gerenciada.
Consumo Total	Volume de água que fica indisponível ao meio ambiente.

Reutilização/Recirculação	Volume de água previamente utilizado em uma atividade operacional que é recuperado para ser novamente utilizado.
---------------------------	--

Para a aplicação da metodologia referida acima foi construído um fluxograma para representar as interações da água em uma operação hipotética da mineração, localizada em uma região densamente florestada, cuja barragem de rejeitos recebe drenagem superficial de uma área de mais de 30 km<sup>2</sup>. A Figura 1 ilustra a operação hipotética mencionada.



**Figura 1: Fluxograma operacional hipotético.**

A Tabela 2 exibe as equações, conforme ICMM (2021), empregadas nos cálculos de cada um dos parâmetros mínimos avaliados para o exemplo da Figura 1. Note que além das métricas mínimas, outras métricas também foram calculadas.

**Tabela 2: Equações utilizadas nos cálculos das métricas do ICMM para o exemplo da Figura 1.**

Métrica	Equação
Retirada de Água Operacional	$Retirada\Água\_Operacional = VOL_{Rebaixamento \rightarrow Barragem} + VOL_{Precipitação\_Escoamento \rightarrow Barragem}$
Retirada de Outras Águas Gerenciadas	$Retirada\Outras\_Águas\_Gerenciadas = NA$
Descarga Total	$Descarga = VOL_{Vertimento}$
Consumo Total	$Consumo = VOL_{Aderido\_Produto} + VOL_{Evaporação}$
Reutilização/Recirculação	$Reutilização = VOL_{Barragem \rightarrow Beneficiamento} + VOL_{Beneficiamento \rightarrow Barragem}$
Uso de Água Operacional	$Uso = VOL_{Rebaixamento \rightarrow Barragem} + VOL_{Precipitação\_Escoamento \rightarrow Barragem} + VOL_{Barragem \rightarrow Beneficiamento} + VOL_{Beneficiamento \rightarrow Barragem}$
Porcentagem de Reutilização	$\%Reutilização = Reutilização / Uso\ de\ Água\ Operacional$

## RESULTADOS

A Tabela 3 sintetiza os resultados obtidos para a divulgação do balanço hídrico da operação hipotética representada na Figura 1. Destaque para os volumes contabilizados de água operacional retirada e uso de água operacional.

**Tabela 3: Resultados do Balanço Hídrico.**

Métrica	Resultados
Retirada de Água Operacional	20.741.275 m <sup>3</sup> /ano
Retirada de Outras Águas Gerenciadas	0 m <sup>3</sup> /ano
Descarga Total	17.391.320 m <sup>3</sup> /ano
Consumo Total	3.349.955 m <sup>3</sup> /ano
Reutilização/Recirculação	11.089.800 m <sup>3</sup> /ano
Uso de Água Operacional	31.831.075 m <sup>3</sup> /ano
Porcentagem de Reutilização	35%

A partir dos resultados da Tabela 3, é possível notar o elevado volume de Retirada de Água Operacional quando aplicada a equação indicada pelo guia do ICMM. Segundo o guia, a barragem de rejeitos está contida no sistema de água operacional, logo todo o volume de água que entra na estrutura é contabilizado como Uso de Água Operacional pela atividade da mineração.

Dos 20.741.275 m<sup>3</sup>/ano que entraram na barragem, 19.552.320 m<sup>3</sup>/ano correspondem ao volume precipitado e escoado pelas drenagens perenes e intermitentes, sendo grande parte desse volume vertido diretamente e/ou armazenado. Em uma barragem de rejeitos, o aporte de água ao seu reservatório é proveniente do meio ambiente (precipitação e escoamento superficial) e da polpa de rejeitos resultante da usina de beneficiamento. Assim, desse volume, apenas 6.161.000 m<sup>3</sup>/ano foram captados da barragem de rejeitos para o beneficiamento, sendo que 4.928.800 m<sup>3</sup>/ano são provenientes da água recuperada da polpa de rejeitos, resultando, assim, em uma retirada efetiva de água operacional de 1.232.200m<sup>3</sup>/ano, valor 17 vezes menor que o reportado segundo o método ICMM.

Ao considerarmos todas as entradas na barragem como Uso de Água Operacional, é possível que as operações apresentem um indicador dependente das variações climáticas como maiores volumes de Retirada de Água Operacional em períodos mais chuvosos, por exemplo. Além disso, órgãos fiscalizadores poderão questionar a diferença entre o volume de captação permitido legalmente e aquele informado pela unidade nos relatórios de sustentabilidade aos moldes do ICMM.

Outro aspecto a destacar é o volume de Uso de Água Operacional. Uma vez que o ICMM (2021) considera as barragens como estruturas que demandam água, todo o volume de entrada será contabilizado como uso. Além disso, todo o volume de saída da barragem de rejeitos para uma outra atividade operacional será contabilizado como Água Reutilizada.

Entretanto, no cenário brasileiro, a barragem de rejeitos possui o papel misto, ou seja, segrega o material sólido do líquido presente nos rejeitos advindos do beneficiamento e recebe e armazena água drenada em seu entorno. Logo, a barragem não se compara a um processo produtivo dependente de água, não devendo assim ser considerado como uma estrutura de uso (Bissacot, 2016).

Desta forma, há a necessidade de realizar adaptações nas diretrizes de cálculo do ICMM, visando assim um resultado coerente do cálculo do balanço hídrico principalmente para o cenário da mineração no Brasil. Dito isso, a Tabela 4 exibe os resultados adaptados.

**Tabela 4: Resultados obtidos a partir da adaptação do guia do ICMM para o exemplo da Figura 1.**

Métrica	Resultados
---------	------------

Retirada de Água Operacional	1.232.200 m <sup>3</sup> /ano
Retirada de Outras Águas Gerenciadas	19.509.075 m <sup>3</sup> /ano
Descarga Total	17.391.320 m <sup>3</sup> /ano
Consumo Total	3.349.955 m <sup>3</sup> /ano
Reutilização/Recirculação	4.928.800 m <sup>3</sup> /ano
Uso de Água Operacional	6.161.000 m <sup>3</sup> /ano
Porcentagem de Reutilização	80%

A partir da Tabela 4, temos que o volume de Retirada de Água Operacional é de 1.232.200 m<sup>3</sup>/ano, enquanto o excedente, 19.509.075 m<sup>3</sup>/ano, foi contabilizado como Outras Águas Gerenciadas, uma vez que esse volume foi apenas ativamente gerenciado, e não utilizado.

No que tange a reutilização, ao não considerar a barragem de rejeitos como uso, teremos como resultado do indicador apenas o volume de água necessário para atender a demanda do beneficiamento (6.161.000 m<sup>3</sup>/ano), sendo 4.928.800 m<sup>3</sup>/ano Água Reutilizada e 1.232.200 m<sup>3</sup>/ano m<sup>3</sup> Água Operacional, totalizando uma porcentagem de reutilização igual a 80%.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o cálculo do balanço hídrico para uma operação mineral hipotética localizada no Brasil, com base no guia de divulgação do ICMM. Apesar de funcional, a metodologia supracitada possui uma série de pressuposições que podem impactar o cômputo final do balanço hídrico em determinadas regiões.

Segundo o guia do ICMM, a barragem de rejeitos é uma estrutura operacional que, por definição, requer água para operar, logo todo o volume de água recebido por esta estrutura, independentemente de ter recebido de forma ativa (captado) ou passiva (precipitação direta, por exemplo), será contabilizado como Uso de Água Operacional. Tal premissa impacta consideravelmente os indicadores de retirada de água, uso de água e porcentagem de reutilização da operação avaliada, inviabilizando assim a realização do benchmarking entre operações, além de aumentar o risco de rejeição pelos investidores que buscam operações mais sustentáveis para possíveis investimentos.

Neste contexto, podemos concluir que uma mesma operação do setor da mineração localizada em regiões com dinâmicas climáticas diferentes, apresentarão resultados desiguais, não refletindo assim o cálculo correto do desempenho da operação.

Em contrapartida, ao desconsiderarmos a barragem de rejeitos como uma atividade operacional (Bissacot, 2016) e contabilizar apenas a retirada efetiva de água operacional do sistema, obtivemos um resultado mais fidedigno do balanço hídrico na operação utilizada. Note que a única atividade operacional que requer água para operar no sistema é a estrutura de beneficiamento, sendo este o único uso da água na operação.

Desta forma, uma mesma operação mineral, independentemente da dinâmica climática no qual a operação esteja inserida, apresentará os mesmos resultados para os indicadores: cálculo do uso da água, retirada de água e porcentagem de reutilização.

Deve-se destacar que o cálculo obtido com base no guia do ICMM pode gerar discordâncias na interpretação do real cenário hídrico da operação por parte da sociedade e por órgãos fiscalizadores. Note que o uso da água na operação exemplificada contabilizado pela metodologia do ICMM é aproximadamente 5 vezes maior que o verdadeiro uso da água.

Dito isso, recomenda-se o aprofundamento nas discussões relacionadas aos conceitos e premissas estabelecidas pelo ICMM sob a ótica do contexto nacional, além da criação de um guia de reporte do balanço hídrico na mineração específico para o Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, L. Y. I. G. Relatórios de sustentabilidade no Brasil: o caso Vale. 2021. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Direito, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2021.
2. BISSACOT, T. C. C. Desenvolvimento de ferramenta de gestão para avaliação de risco hídrico: aplicação no segmento minero-metalúrgico no Brasil. 2016. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
3. FAUSTINI, Victoria Becher. Balanço hídrico como ferramenta de cálculo de indicadores de sustentabilidade relacionados à água nas indústrias mineradoras brasileiras. 2022. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
4. INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS. WATER REPORTING: Good practice guide. 2 ed. London: ICMM, 102 p., 2021.